Aus der Klinik für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. H. Schüle
des Katharinenhospitals Stuttgart

Untersuchungen über den Randschluß von retrograden Wurzelfüllungen nach Wurzelspitzenamputation. Experimentelle und klinische Untersuchungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
GÜNTHER MERTZ
aus Stuttgart

1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546514_0057

Aus der Klinik für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. H. Schüle
des Katharinenhospitals Stuttgart

Untersuchungen über den Randschluß von retrograden Wurzelfüllungen nach Wurzelspitzenamputation. Experimentelle und klinische Untersuchungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
GÜNTHER MERTZ
aus Stuttgart

1984

Dekan:	Professor Dr. D. Plester
1. Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. R. Schmelzle
2. Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. P. Riethe
3. Berichterstatter:	Professor Dr. H. Wörner

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung	Seite 1
II.	Literaturübersicht	
	1) Verschiedene Methoden der retrograden Wurzelkanalfüllungen und deren Bewertung	Seite 4
	2) Untersuchungsmethoden zur Prüfung der Wandständigkeit und damit Dichtheit von Wurzelfüllungen	Seite 8
	3) Bewertung der Untersuchungsverfahren	Seite 12
III.	Problemstellung	Seite 13
IV.	Experimenteller Teil	
	1) Versuchsanordnung der Methodik	Seite 15
	2) Auswertung der Meßergebnisse	Seite 24
	3) Diskussion der Methode	Seite 26
V.	Versuchsergebnisse	Seite 29
VI.	Diskussion der Ergebnisse	Seite 42
VII.	Zusammenfassung	Seite 46
VIII.	Anhang	Seite 48

I. EINLEITUNG

Die retrograde Wurzelfüllung nach Amputation der Wurzelspitze wurde 1912 von FAULHABER und NEUMANN eingeführt. Sinn und Zweck dieser damals neuen Füllungstechnik sollte der Verschluß des Wurzelkanales nach Amputation der apikalen Ramifikationen gegenüber dem vitalen periapikalen Gewebe sein. Bei der Methode der orthograden Wurzelkanalbehandlung ist es praktisch unmöglich sämtliche gangränöse Massen aus den apikalen Ramifikationen zu entfernen. Sind die Wurzeln stärker abgewinkelt, ist oftmals die mechanische Aufbereitung des Wurzelkanales bis zum apikalen Bereich ohne Perforation des Kanales (Via falsa) nicht durchführbar. Der dabei durch unzureichende Aufbereitung im Wurzelkanal verbleibende Detritus führt zur ständigen Infektion des periapikalen Gewebes und damit zur apikalen Parodontitis.
Die Beseitigung der apikalen Parodontitis und Verhütung einer erneuten Reinfektion war die Zielsetzung der retrograden Wurzelfüllung. Bei dieser Methode wird nach Amputation der Wurzelspitze der Wurzelkanal mittels einer geeigneten Füllung verschlossen, wobei diese Füllung im Idealfalle absolut dicht und damit bakterienundurchlässig sein sollte. Nur dadurch wird eine erneute Reinfektion vermieden. Die Wurzelspitzenamputation stellt also nur eine Hilfsoperation für die Wurzelkanalfüllung dar.

Als alleinige Maßnahme ohne Vorliegen einer orthograden Wurzelkanalfüllung wird die retrograde Wurzelkanalfüllung von fast allen Autoren, wie AXHAUSEN (1950), BROSCH (1941), HAUENSTEIN (1937), HOFER (1933), KRANZ (1957), RHEINWALD (1962) und andere, abgelehnt. HEISS (1941) konnte nachweisen, daß die Möglichkeit der Diffusion von Substanzen aus dem Wurzelkanal nicht über angeschnittene Dentinkanälchen, sondern auch über das Zement gegeben ist. Dies würde beim gangränösen Zahn ebenso für die im Wurzelkanal massiv vorliegenden Toxine gelten.
Zur Indikation der retrograden Wurzelkanalfüllung ist daher klar festzustellen, daß in erster Linie vorhandene unvollständige Wurzelkanalfüllungen sowie orthograd nicht völlig aufzubereitende Wurzelkanäle in Frage kommen. Von sekundärer Bedeutung sind dann Wurzelkanäle mit frakturiertem Aufbereitungsinstrument in situ oder nicht durchgängigem Wurzelkanal, da langfristig die Erfolgsaussicht als fraglich bewertet werden muß (KERESZTESI (1965)).

Ganz allgemein gelten auch für retrograde Wurzelfüllungen die Anforderungen an eine optimale Wurzelfüllung nach EULER (1923), TRAUNER (1951), WANNENMACHER (1954/1963), TSCHAMER (1960), GROSSMANN (1960/1968), WANDELT (1962):

1.) leichte Applikation in den Wurzelkanal

2.) konstantes Volumen

3.) Adhäsion an den Kanalwänden

4.) dichter Verschluß der Haupt- und Nebenkanäle

5.) Undurchdringbarkeit für Feuchtigkeit

6.) bakteriostatische Wirkung oder zumindest keine bakterielle Wachstumsförderung

7.) Röntgenkontrast

8.) reizloses Verhalten gegenüber dem periapikalen Gewebe

Besondere Bedeutung kommt nach HESS (1931) der Gewebsverträglichkeit sowie eines bakteriendichten Abschlusses zur Vermeidung von Reinfektionen zu. Diese beiden Komponenten sind für den Erfolg der Behandlung von entscheidender Bedeutung, was jedoch nicht immer in entsprechendem Maße von den Eigenschaften der angewandten Materialien und der Füllungstechnik erreicht wird.
ROST (1962) fügte den genannten Anforderungen noch die leichte und schnelle Applikation hinzu, was gerade bei der retrograden Wurzelfüllung bezüglich der Trockenlegung ein nicht zu unterschätzender Faktor ist.

II. LITERATURÜBERSICHT

1) Verschiedene Methoden der retrograden Wurzelkanalfüllung und deren Bedeutung:

Nur noch von historischem Interesse sind die Methoden der retrograden Wurzelkanalfüllung von FABER (1956) (retrograder Kanalabschluß mit einer Zinnfolie), WENDENDAL (1954) (vollständiger Abschluß der Wurzelspitze mittels einer kuppelförmigen Metallhaube), NYGAARD-ØSTBY (1942) (Abdeckung des gesamten Wurzelquerschnitts mit einem Chloroperchapräparat), SCHUPFER-SCHÖNWOLF (1935) (Amalgamfüllung über einen artefiziellen Seitenkanal und anschließende Abtragung der Wurzelspitze, sodaß die Amalgamfüllung von einer Dentinlamelle überdeckt werden soll) und ADLOFF (1935) (nach retrograder Amalgamfüllung Behandlung der freien Dentinoberfläche mit Silbernitratlösung zum Verschluß der Dentinkanälchen).

Die Verwendung von Kupferamalgam gehört ebenfalls der Vergangenheit an wegen der bekannten Verarbeitungs- und Materialvorteile des Silberamalgams. Die Vorteile des Kupferamalgams lagen in seiner guten Wandständigkeit und damit seiner Dichtheit (SITZMANN (1965)). Es besaß eine bakterizide Wirkung, von der ein günstiger Einfluß auf den Infektionsherd "Wurzelkanal" erwartet wurde. BROSCH (1955) wies jedoch in histologischen Untersuchungen nach, daß Wurzelkanalfüllungen mit Kupferamalgam in den anliegenden periapikalen Geweben Nekrosen verursachen. In günstigen Fällen können diese Nekrosen demarkiert werden, sodaß

die Füllung unter dem Bild eines chronischen Abszesses abgegrenzt wird. Diese Gewebsschädigungen sind als Folge der bakteriziden Wirkung des Kupferamalgams anzusehen. Diese Untersuchungen von BROSCH (1955) bestätigten die Ergebnisse von EFFINGER (1954), der schon 1954 vor der Verwendung von Kupferamalgam zum retrograden Verschluß des Wurzelkanals warnte.
Als weiteres Füllungsmaterial wurde Gold für retrograde Füllungen verwendet. RHEINWALD und MAYER (1962) brachten genormte Feingoldkugeln in Kavitäten ein, die mittels Rosenbohrern von entsprechender Größe geschaffen wurden, und polierten sie an. ROST (1962/1965) hingegen nahm 24-karätiges Stopfgold ("New Biofil G-24") und preßte es mit einem Amalgamvibrator in die nach außen konvergierende Kavität. Nach der Fertigstellung wurde die Füllung sogleich poliert.

Das Stopfgold "New Biofil G-24" wurde von ROST (1965) als gewebsfreundlich und nach eigenen Versuchen als dicht bezeichnet. Dies wurde jedoch von SITZMANN (1965) widerlegt; er gibt eine ungenügende Wandständigkeit an. Auch die Gewebsfreundlichkeit mußte verneint werden; KELLNER und KERESZTESI (1965) ordneten das Material in ihren Untersuchungen mit Gewebskulturen als cytotoxisch ein (ähnlich Kupferamalgam). Lediglich Gold in Form von reinem Feingold wird von ihnen als unbedenklich angegeben. Unter diesem Aspekt wäre das Verfahren von RHEINWALD und

MAYER (1962) zu empfehlen, jedoch ist die Durchführung als nicht einfach zu bezeichnen. SITZMANN (1965) wies eine nicht unbedenkliche Durchlässigkeit dieser Füllungsmethode nach. Die von SCHÜLE angegebene und von SITZMANN (1965) geprüfte Modifikation dieses Verfahrens unter zusätzlicher Verwendung von Aptal-Harz-Chloropercha brachte eine von keinem anderen Füllungsmaterial erreichte, nahezu vollständige Dichtheit der retrograden Wurzelkanalfüllung.

Weiterhin kam Phosphatzement zur Anwendung. PLATZ, FRIES und BECK-MANNAGETTA (1978) geben folgendes Verfahren an: kegelstumpfartige Kavitätenpräparation an der Resektionsfläche, Füllung mit dünn angerührtem Harvardzement und Nachstopfen eines dick angerührten Zementkügelchens. Füllung und Aushärtung bei absoluter Trockenheit. Nach Aushärtung Glättung der Zementoberfläche mittels einer Fräse. Phosphatzement zeigte bei vergleichenden Untersuchungen eine sehr große Durchlässigkeit (SITZMANN (1965)), es muß als absolut undicht bezeichnet werden. Ursache dafür ist die starke Schrumpfung bei der Aushärtung des Phosphatzements, die zur Randspaltbildung führt. Diese Ergebnisse wurden auch von anderen Autoren (KRÖNCKE (1953), SCHROEDER (1954), ROTTKE und STROTHMANN (1955)) bestätigt. Bei klinischen Untersuchungen stellten PLATZ, FRIES und BECK-MANNAGETTA (1978) eine Erfolgsquote von nahezu 55 % fest. Für eine gute Gewebsverträglichkeit werteten sie die niedrige Rate von nur 11,43 % mit klinischen Beschwerden.

Das heute am meisten verwandte Material dürfte Silberamalgam sein. Die Verarbeitung ist relativ einfach. Es besteht jedoch die Gefahr, daß Amalgamreste in der Resektionshöhle zurückbleiben und zu Heilungsstörungen oder Rezidiven führen (FISCHER (1958), HOFER (1933), HAUENSTEIN (1951)).

Bezüglich der Wandständigkeit und damit der Dichtheit liegen die Werte des Silberamalgams deutlich schlechter als Kupferamalgam, es ist als nur unzureichend einzuordnen (SITZMANN (1965)). Silberamalgam besitzt eine weitaus geringere toxische Wirkung auf das periapikale Gewebe als Kupferamalgam. Untersuchungen von KELLNER und KERESZTESI (1965) an Zellkulturen zeigten eine Wachstumshemmung von 20 % ohne morphologische Veränderung der Zellen gegenüber 100 % mit Auflösung der Zellen bei Kupferamalgam. Histologische Befundberichte von EGGER und FISCHER (1956) wurden damit bestätigt.

2) Untersuchungsmethoden zur Prüfung der Wandständigkeit und damit Dichtheit von Wurzelfüllungen

Allen Prüfungsverfahren gemeinsam ist die Methodik , Undichtigkeiten der Wurzelkanalfüllungen durch Perfusion mit Gasen, Farbstofflösungen oder anderen Stoffen zu erfassen. Diese Diffusionsmittel gelangen über eventuell vorhandene Randspalten oder Porositäten hindurch und können teils qualitativ, teils quantitativ als Maß für die Dichte der Füllung bewertet werden.

1.) Blasendruckmethode

KNAPPWOST (1951), BÖCKMANN (1955), ROTTKE (1955) und STROTHMANN (1955).

Bei dieser Methode wird ein mit dem zu untersuchenden Material gefülltes Glasröhrchen mit diesem Ende unter Wasser gehalten, während an dem anderen Ende ein variabler Luftdruck angelegt wird. Sind nun durch Schrumpfungsvorgänge bei der Aushärtung des Materials Randspalten entstanden, so tritt Luft hindurch, was durch Blasenbildung sichtbar wird. Bei Gleichgewicht zwischen Innendruck im Glasrohr und Oberflächenspannung des Wassers ist die Blasenbildung beendet. Der dabei herrschende Druck wird als Maß für die Größe der Randspalten bewertet. Quantitative Auswertung ist möglich.

2.) Durchstörmungsmethode
KNAPPWOST (1951), ROTTKE (1955), STROTHMANN (1955), MEIFORTH (1963), SITZMANN (1965), VEIT (1974).

Das zu prüfende Wurzelfüllmaterial wird im extrahierten Zahn appliziert und mit 0,1 % Methylenblaulösung unter konstantem Druck von 150 mm Hb überschichtet.
Die in Abhängigkeit von der Randspaltgröße die Wurzelfüllung durchdringende Methylenblaumenge wird in einer Vorlage aufgefangen und photometrisch bestimmt. Eine quantitative Auswertung ist möglich.

3.) Modifizierte Durchströmungsmethoden

a) KRÖNCKE (1953) maß die Zeit, in der die Farblösung die Wurzelfüllung durchdringt und sich die Vorlage verfärbt.

b) ROTTKE und STROTHMANN (1955) maßen die Zeit zwischen Erscheinen der Durchströmungsflüssigkeit und Ablösung des ersten Tropfens von der Füllungsunterfläche.

c) TRAUNER, MÖSE, WAECHTER (1951) sowie TSCHAMER (1960) saugten die Farbstofflösung mit Hilfe einer Pumpe durch das Wurzelfüllmaterial.

d) DASZKIEWICZ, KOZIOLKIEWICZ, POPLAWSKI, SKARZYNSKI (1963) schickten Schwefelwasserstoff durch wurzelgefüllte Zähne.
Der aus dem Apex austretende Schwefelwasserstoff wurde über einen Streifen Bleiacetatpapier geleitet, der unter Bildung von Bleisulfid den Schwefelwasserstoff absorbiert. Die dabei auftretende Schwärzung, die proportional der absorbierten Menge Schwefelwasserstoff ist, wurde dann als Maß für die Dichte der Wurzelfüllung gewertet.

4.) Diffusionstests

KRÖNCKE (1953) brachte eine Farbstofflösung in das Kronenkavum eines wurzelgefüllten Zahnes.

WAECHTER (1953) legte den wurzelgefüllten Zahn vollständig in eine Farbstofflösung.
Nach einer bestimmten Zeit wurden die Zähne dann aufgespalten. Die dabei sichtbare Verfärbung ergab den Hinweis auf Randspalten und deren Lokalisation. Nur qualitative Aussagen waren möglich, jedoch eine topographische Darstellung der Randspalten.

5.) Zentrifugiermethode

SCHROEDER (1954), SCHUBERT (1958), TSCHAMER (1960).

Mittels einer Zentrifuge wird Methylenblau in einen wurzelkanalgefüllten Zahn gepreßt, dieser anschließend gespalten und die Eindringtiefe beurteilt.

6.) Gravimetrische Methode
EHRICH (1954).

EHRICH brachte im Vakuum Quecksilber in das Kronenkavum eines wurzelgefüllten Zahnes und setzte danach den Zahn wieder normalen Luftdruckverhältnissen aus. Dadurch wurde Quecksilber in vorhandene Randspalten gepreßt. Die damit verbundene Gewichtszunahme diente EHRICH als Maß für die Spaltgröße.

7.) Isotopenmethode
SPRETER v. KREUDENSTEIN und KAYSER (1954).

Bei der Isotopenmethode läßt man für eine bestimmte Zeit eine Lösung von radioaktivem Phosphor (P^{32} als H_3PO_4) auf die Wurzelfüllung einwirken.
Anschließend wird der Zahn in Scheiben zerlegt und die jeweilige radioaktive Strahlung mittels Geigerzähler oder Autoradiographie (Filmschwärzung durch radioaktive Strahlung) bestimmt. Nur qualitative Bestimmung von Spalten und deren Lokalisation möglich.

8.) Steigmethode
ROST (1958) und TSCHAMER (1960).

Bei diesem Verfahren werden wurzelgefüllte Zähne mit der Wurzelspitze in eine Farblösung getaucht. Wenn nun Randspalten vorhanden sind, wird die Farblösung infolge von Kapillarwirkung in diese Spalten gesaugt. Nach einer bestimmten Zeit werden die Zähne dann gespalten und man kann an der vorliegenden Verfärbung und deren Lokalisation Randspalten erkennen. Nur qualitative Auswertung möglich.

3) Bewertung der Untersuchungsverfahren

Bei den beschriebenen Methoden zur Feststellung von Randspalten nach Wurzelkanalfüllung läßt sich eine Einteilung in zwei Gruppen vornehmen.
In der ersten Gruppe läßt man ein Medium für eine bestimmte Zeit auf die wurzelgefüllten Zähne einwirken. Nach Entfernung des Mediums wird durch Untersuchungen nach verbliebenen Resten desselben geforscht, womit dann Randspalten und deren Lokalisation nachgewiesen werden. Bei diesen Methoden kann allerdings kein Maß für die Größe der Randspalten angegeben werden.
In der zweiten Gruppe läßt man ebenfalls ein Medium auf die wurzelgefüllten Zähne einwirken, stellt aber durch Messungen während der Einwirkdauer die Menge des penetrierten oder diffundierten Mediums durch den wurzelgefüllten Zahn fest. Diese Meßwerte stellen dann ein Maß für die Größe der Randspalten dar. Damit erst lassen sich objektive Vergleichsuntersuchungen verschiedener Wurzelfüllmaterialien und Techniken der Wurzelkanalfüllung durchführen.

Da in der vorliegenden Arbeit eine vergleichende Untersuchung verschiedener retrograder Wurzelkanalfüllungen durchgeführt werden soll, kommt als Untersuchungsverfahren nur eines aus der zweiten Gruppe in Frage.
Die Wahl fiel dabei auf die Durchströmungsmethode. Durch sie ist eine exakte Bestimmung der Menge des Mediums möglich, das die Wurzelkanalfüllung über Randspalten oder Porositäten passiert hat. Bezieht man diesen Meßwert auf die Versuchsdauer, läßt sich die absolute Randspaltgröße rechnerisch ermitteln.

III. PROBLEMSTELLUNG

Wie die Zusammenstellung der verschiedenen Methoden von retrograden Wurzelkanalfüllungen nach Wurzelspitzenamputation zeigt, sind alle beschriebenen Füllungsmethoden mit Nachteilen behaftet. Diese liegen teilweise in der schwierigen Applikation, teilweise in einer mangelnden Gewebsverträglichkeit oder in einer unzureichenden Dichte der Wurzelfüllung. Eine alle Anforderungen erfüllende Methode war nicht vorhanden.

Aus diesem Grunde wurde von SCHÜLE das Apikalinlay entwickelt. Grundgedanke war, durch Kongruenz von Kavität und Wurzelfüllung einen nur kapillaren Spalt zu erreichen, der durch ein geeignetes Material wandständig und undurchlässig verschlossen wird. Die Applikation sollte einfach sein. Bei dieser Methode nach SCHÜLE werden genormte Kegel verschiedener Größe eingesetzt. Die Norm-Kavitäten werden durch Norm-Bohrer präpariert. Diese Technik vereinigt dabei eine hohe Paßgenauigkeit mit einer einfachen Anwendungsweise. Als Material wird Titanium oder Aluminiumoxyd hoher Reinheit (Frialit) verwendet, wodurch eine gute Gewebsverträglichkeit gewährleistet ist.

Da der klinische Erfolg von der Randspaltdichte abhängt, soll in der vorliegenden Arbeit die Dichtheit der so gelegten retrograden Wurzelkanalfüllungen nach Wurzelspitzenamputation untersucht werden. Hierbei kamen Messingkegel zur Anwendung, die mittels Aptal-Harz-Chloropercha eingesetzt wurden.

Aptal-Harz-Chloropercha besteht aus einer Kombination von Guttapercha und Kolophonium, die in einem Gemisch von Chloroform und Aceton gelöst ist. Als Desinfizienz ist in einem sehr niedrigen Prozentsatz Chlormetakresol (=Aptal) zugesetzt. Dieses Wurzelfüllmaterial ist praktisch nicht resorbierbar. Nach Untersuchungen von BROSCH (1955) findet langfristig nur eine geringe Phagozytose durch Histiozyten statt. Weitere Untersuchungen von COOLIDGE (1950), CALLAHAN (1913), HEINEMANN (1926) ØSTBY (1940), WANNENMACHER (1954), BROSCH (1955) und andere zeigten, daß kein schädigender Einfluß von Aptal-Harz-Chloropercha auf das periapikale Gewebe ausgeht.
Nach HÄUPL (1949) wird über das Foramen apikale vorgeschobenes Aptal-Harz-Chloropercha im Gewebe reaktionslos eingekapselt.

Aufgrund experimenteller Untersuchungen kann die Dichte und Wandständigkeit von Aptal-Harz-Chloropercha als sehr gut bezeichnet werden. TRAUNER (1951) gibt es als bakteriendicht an. In Verbindung mit einem Wurzelkanalstift sei sogar eine Füllung von Nebenkanälchen möglich. BÖCKMANN, ROTTKE und STROTHMANN (1955) bezeichnen es als absolut wandständig und nicht porös. Bei richtiger Anwendung ist eine wasser- und bakteriendichte Adhäsion auch an relativ feuchten Wurzelkanalwänden möglich, was ein entscheidender Vorteil gegenüber Füllungszementen ist.

IV. EXPERIMENTELLER TEIL

1) Versuchsanordnung und Methodik

a) Untersuchungsmaterial:

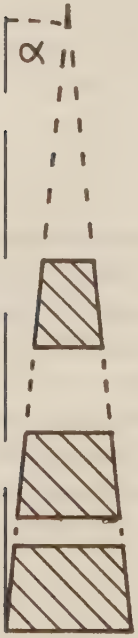
Die Untersuchungen wurden an frisch extrahierten Zähnen durchgeführt. Dadurch wird gewährleistet, daß auch im Experiment weitgehendst physiologische Verhältnisse vorliegen. Um die Zähne vor dem Austrocknen zu schützen, wurden sie bis zur Aufbereitung in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt.
Zur Untersuchung kamen nur einwurzelige, einkanalige Zähne, um möglichst gleiche Versuchsbedingungen zu haben. Die Auswahl der Zähne beschränkte sich auf obere Incisivi, obere und untere Canini sowie zum geringen Anteil Prämolaren mit nahezu rundem Kanalquerschnitt.

b) Wurzelkanalaufbereitung:

Die Aufbereitung des Wurzelkanals erfolgte wie in vivo: unter Wasserkühlung wurden die Zähne trepaniert, danach die Pulpa exstirpiert und der Wurzelkanal unter Wasserkühlung maschinell aufbereitet.
Alle Zähne wurden einheitlich bis zur ISO - Größe 55 (Kerr-Räumer Nr. 9) aufbereitet, um identische Verhältnisse bezüglich den nur für die Aufnahme der Testlösung ausgeschachteten Wurzelkanal und der apikalen Kavität zu schaffen.

c) Vorbereitung der apikalen Kavität:

Nach Aufbereitung des Wurzelkanales wurde die Wurzelspitze amputiert und die retrograde Kavität geschaffen. Dazu wurden die Normbohrer entsprechender Größe angewandt.
In der vorliegenden Arbeit wurden drei verschiedene Kegelgrößen untersucht.
Alle Kegel haben dieselbe Steigung sowie die gleiche Höhe (h = 1,5 mm). Sie unterscheiden sich lediglich in den verschiedenen Basisdurchmessern und können so als Teile eines einzigen Kegels angesehen werden (siehe Zeichnung).



Konuswinkel $\alpha = 5^{\circ}\ 43'$

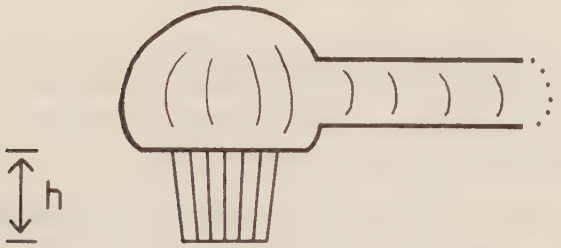
Flächendurchmesser:

Basis: 1,2 mm Stirn: 0,9 mm

Basis: 1,8 mm Stirn: 1,5 mm

Basis: 2,2 mm Stirn: 1,9 mm

Die entsprechenden Normbohrer haben dieselben Maße und sind so konstruiert, daß bei vorliegender Bohrtiefe "h" die Amputationsfläche des Zahnes an die Bohrhalterung stößt und somit eine tiefere Bohrung verhindert wird. Dadurch wird gewährleistet, daß die Bohrtiefe immer konstant (= h) ist (siehe Zeichnung).



Mit diesen Normbohrern wurden nun die entsprechenden Kavitäten in Richtung des Wurzelkanals gebohrt. Hierbei muß darauf geachtet werden, daß der Bohrer gerade vorgeschoben wird und keine seitlichen Rotationsbewegungen vollführt werden, da sonst die Kavität vergrößert und damit die Paßgenauigkeit zwischen Kavität und Kegel vermindert würde.

d) Retrograde Wurzelfüllung:

Nach Schaffung der retrograden Kavitäten wurden die Kanäle mit H_2O_2 (3%ig) gesäubert und mit Alkohol (70%ig) entfettet.
Nach Trocknung mittels Papierspitzen wurden dann die retrograden Füllungen gelegt. Dabei wurden die Kegel dünn mit Aptal-Harz-Chloropercha beschickt und in die Kavität gepreßt. Anschließend wurde das überschüssige Material entfernt.

e) Retrograde Amalgamfüllungen:

Zu Vergleichszwecken wurden auch zwei Versuchsreihen mit retrograden Amalgamfüllungen (Silberamalgam) untersucht. Die Größe der Kavität wurde etwa der Größe der mittleren Kegel angepaßt.

Nach oben beschriebener Wurzelkanalaufbereitung und Amputation wurde bei der einen Versuchsreihe mit einem Rosenbohrer der Größe 6 (ISO - Nr. 018; Kopfdurchmesser: 1,80 mm) eine zylindrische Kavität von 2 mm Tiefe gebohrt. Nach Trocknung wurde das Amalgam mit mittlerem Druck in die Kavität gepreßt. Dadurch sollte ein relativ hoher Hg-Gehalt der Amalgamfüllung gewährleistet sein, was eine stärkere Expansion beim Abbindevorgang bewirkt. Erwartet wurde damit ein guter Randschluß der Amalgamfüllung.

Bei der anderen Versuchsreihe kam nach beschriebener Vorbehandlung ein Kegelbohrer der Größe 4 (ISO - Nr. 014; Kopfdurchmesser: 1,40 mm) zum Einsatz. Dieser wurde mit dem gesamten Kopf versenkt, wobei

primär eine zylindrische Kavität entstand. Anschließend wurde eine kleine Rotationsbewegung um die gedachte Mittellinie der Kavität vollführt, bis der kleinere Durchmesser des Kegelkopfes die Wandung der primären Versenkbohrung erreichte. Dadurch lagen standardisierte Verhältnisse zur Herstellung der konischen Kavität vor. Bei dieser Versuchsreihe wurde dann das Amalgam mit hohem Druck in die Kavität gepreßt, um schon primär einen guten Randschluß zu erzielen. Bei beiden Versuchsreihen wurden "Amalcap non-Gamma - 2"-Kapseln der Firma Vivadent verwendet.

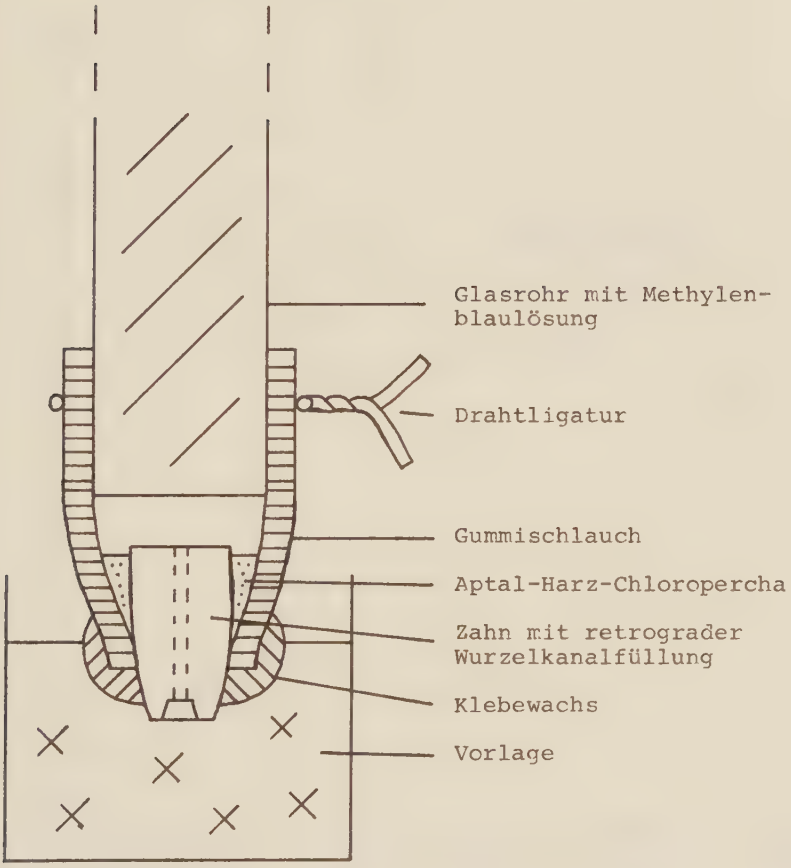
f) Prüfung der Randspaltdurchlässigkeit:

Die nach den beschriebenen Techniken gelegten retrograden Wurzelkanalfüllungen wurden nach der von KNAPPWOST (1951), ROTTKE (1955) und STROTHMANN (1955) angegebenen Methode auf eventuell vorhandene Randspalten geprüft.

Prinzip dieser Methode ist die Überschichtung der Wurzelfüllung mit einer 1,50 m hohen Säule 0,1%ige Methylenblaulösung. Durch den hydrostatischen Druck wird die Farblösung durch eventuelle Randspalten gepreßt und in einer Vorlage von 10 ml destilliertem Wasser aufgefangen. Anschließend wird mit dem Photometer die Extinktion der Vorlage bestimmt. Daraus kann dann nach Erstellung einer Eichkurve die Menge der durch die Wurzelfüllung diffundierten Farblösung bestimmt werden.

Beim Versuchsaufbau wurden die retrograd wurzelgefüllten Zähne mit 1,50 m langen Glasröhrchen von 0,7 cm Durchmesser mittels Gummischlauch verbunden. Der Spalt zwischen Gummischlauch und Zahn wurde mit Aptal-Harz-Chloropercha ausgefüllt, indem die Oberfläche des Zahnes damit vor Überstreifen des Schlauches bestrichen wurde. Anschließend wurde mit Klebewachs eine druckfeste Manschette um das Schlauchende am Zahn gelegt. Über das Schlauchende am Glasrohr wurde eine Drahtligatur angebracht. Dadurch war eine absolut flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen Zahn und Glasrohr erreicht, wie Vorversuche bewiesen. Nach einer Aushärtungszeit der Wurzelkanalfüllung von 24 Stunden wurde das Glasrohr mit 0,1 %iger Methylenblaulösung gefüllt und so befestigt, daß die Wurzelspitze des Zahnes gerade eben in die Vorlage (10 ml destilliertes Wasser) eintauchte. Um eine bakteriell verursachte Trübung des Wassers zu vermeiden, wurde jeweils ein Tropfen farbloses Hydro-Merfen (2 %ig) zugesetzt.

Skizze der Versuchsanordnung:

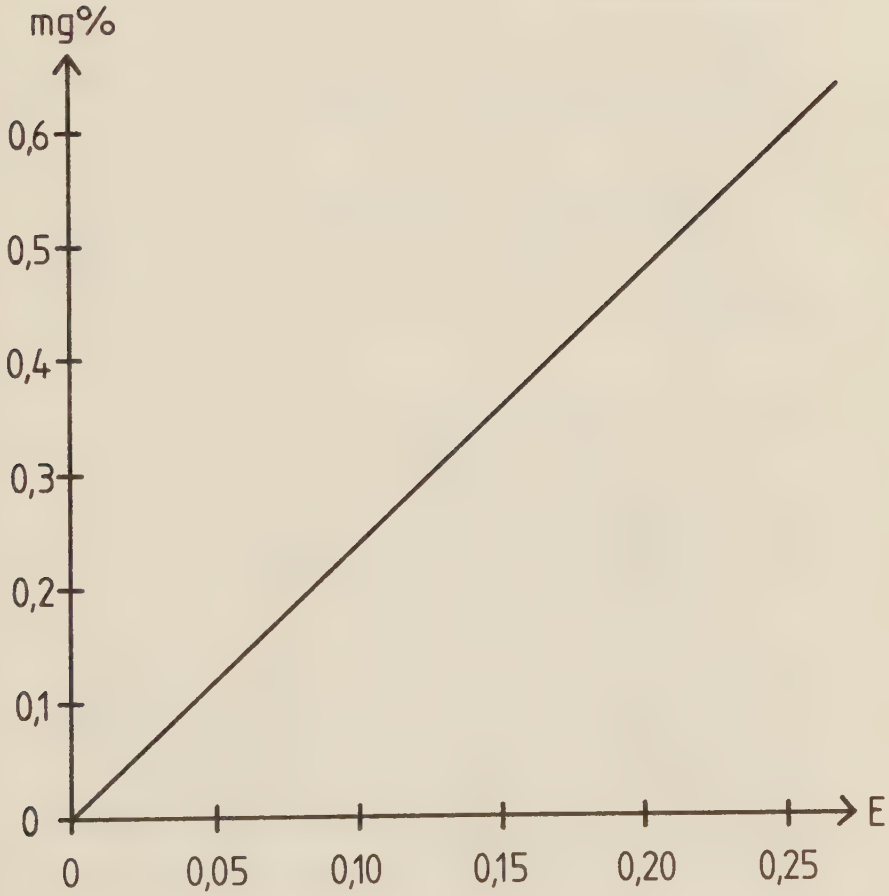


g) Quantitative Bestimmung der Randspaltdiffusion:

Es wurde dann jeweils nach 24, 48, ... 336 Stunden die Extinktion der Flüssigkeit in der Vorlage bestimmt. Dazu wurde ein Eppendorf-Photometer (Filter Hg 578 mμ) mit 1 mm Halb-Mikro-Küvetten verwendet. Um aus der abgelesenen Extinktion die Konzentration, bzw. die Farbmenge bestimmen zu können, wurde eine Eichkurve angefertigt.

Dazu wurden über eine Verdünnungsreihe verschieden konzentrierte Methylenblaulösungen hergestellt. Dabei zeigte sich, daß zwischen der Extinktion und der Konzentration eine lineare Beziehung entsprechend dem Lambert-Beer'schen Gesetz besteht.

E i c h k u r v e



2) Auswertung der Meßergebnisse

Die bei der Versuchsreihe am Photometer gemessenen Extinktionswerte der Vorlage können über die Eichkurve in Konzentrationswerte der Farblösung überführt werden. Diese Werte dienten in Abhängigkeit von der Versuchsdauer als Maß für die Größe der Randspalten. Die dabei gewonnenen Werte stellen jedoch nur relative Größenangaben dar. Die absoluten Randspaltengrößen könnten mit dem Hagen-Poiseuille'schen Gesetz errechnet werden. Für die vergleichende Untersuchung erlaubt die Kenntnis der effektiven Größen keine weiterreichenden Aussagen. Es wurde daher auf diese Umrechnung verzichtet.

Die statistische und graphische Darstellung der Werte erfolgte als Mittelwertskurven. Schwierigkeiten bei der Berechnung der Mittelwerte traten bei mangelhafter Dichte einiger Wurzelfüllungen auf. In diesen Fällen wurde teilweise die Konzentration der Methylenblaulösung in der Vorlage so groß, daß die Extinktionswerte über den Meßbereich des Photometers stiegen. Hätte man nun einen Teil der Vorlage definiert verdünnt, bis der Extinktionswert wieder im Meßbereich des Photometers liegen würde, so wäre das Volumen der Vorlage (10 ml) verändert worden. Dadurch wäre eine Fortsetzung der Messungen unter gleichen Bedingungen nicht möglich.

Dieses Problem wurde daher wie folgt gelöst (angegeben von SITZMANN (1965) und VEIT (1974)): Bei Überschreitung des Meßbereiches des Photometers wurde der weitere Kurvenverlauf der Einzelkurven aus deren bisherigen Steigungen rechnerisch ermittelt. Durch diesen rechnerisch weitergeführten Kurvenverlauf war die Bildung der Mittelwertskurven unproblematisch.

Für die Beurteilung der Dichtheit der geprüften Wurzelkanalfüllungen wurde eine willkürliche Klassifikation vorgenommen.
Um einen direkten Vergleich zwischen orthograden und retrograden Wurzelkanalfüllungen ziehen zu können, wurde die Einteilung von VEIT übernommen. VEIT (1974) legte bei seiner Untersuchung verschiedener orthograder Füllungsmethoden folgende Bereiche bei Versuchsende nach 144 Stunden fest:

0,0	-	0,2	mg%	:	hohe Wandständigkeit (dicht)
0,2	-	0,5	mg%	:	mittelgradige Wandständigkeit (schwach durchlässig)
0,5	-	∞	mg%	:	geringe Wandständigkeit (stark durchlässig)

Es kann jedoch auch bei den Füllungen mit hoher Wandständigkeit eine geringe Farbdiffusion durch Dentinkanäle sowie über noch vorhandene Ramifikationen selbst nach Amputation der Wurzelspitze stattfinden. Dies sind jedoch so kleine Mengen, die im Vergleich zu eventuellen Randspalten nicht ins Gewicht fallen. Es ist daher keine Verfälschung der Ergebnisse zu befürchten.

3) Diskussion der Methode

Um die in vitro gewonnenen Untersuchungsergebnisse auf die Anwendung in vivo übertragen zu können, sind möglichst identische Versuchsbedingungen notwendig. Daher wurden die extrahierten Zähne bis zur Präparation in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt. Während der Bearbeitung wurden dann die Zähne weiterhin feucht gehalten. Dadurch konnte die Austrocknung vermieden werden, was sonst zum Elastizitätsverlust der Zähne führt.

Zur Herstellung möglichst identischer Versuchsbedingungen wurden alle Wurzelkanäle gleich weit bis zur ISO - Größe 55 (Kerr Nr. 9) aufbereitet. Die retrograden Kavitäten wurden mittels Normbohrern hergestellt. Dabei wurde sorgfältig auf die Vermeidung von Rotationsbewegungen geachtet, die zu einer ungewollten Vergrößerung der Kavität geführt hätten.

Für die Amalgam-Versuchsreihen wurden zum einen mit einem Rosenbohrer Nr. 6 (Kopfdurchmesser: 1,80 mm) zylindrische Kavitäten von ca. 2 mm Tiefe, zum anderen mit einem Kegelbohrer Nr. 4 (Kopfdurchmesser: 1,40 mm) konische Kavitäten präpariert.
Diese Kavitätengrößen entsprechen etwa der Größe der mittleren Kegel. Die Füllungen der zylindrischen Kavitäten wurden mit mittlerem Stopfdruck, die der konischen mit hohem Stopfdruck durchgeführt.

Um die Dichtheit der retrograden Wurzelkanalfüllungen beurteilen zu können, war eine absolut flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen Zahn und Glasrohr Voraussetzung.
Dies wurde mit einem Gummischlauch, abgedichtet durch das klebende Aptal-Harz-Chloropercha und mit Klebewachs als druckfestem Material, erreicht, wie langfristige Vorversuche erwiesen. Dadurch war gesichert, daß die Diffusion der Farblösung nur über Randspalten der Wurzelfüllung erfolgt.

Als Untersuchungsverfahren zum Nachweis von Randspalten wurde die von KNAPPWOST (1951) und ROTTKE (1955) angegebene Durchströmungsmethode angewandt.
Diese Methode erlaubt Aussagen über relative Randspaltengrößen von Wurzelkanalfüllungen. Wollte man die absolute Spaltgröße bestimmen, wäre eine Berechnung nach dem Hagen-Poiseuille'schen Gesetz möglich. Die Kenntnis der absoluten Randspaltgröße bringt jedoch gegenüber der relativen für den Vergleich von Wurzelkanalfüllungen keinen Vorteil. Es wurde daher auf die Umrechnung verzichtet.

Um eine möglichst genaue Aussage über die Dichtheit der retrograden Wurzelfüllungen machen zu können, wurde jeweils eine Versuchsdauer von 14 Tagen angesetzt. Kann nach dieser Zeit eine Wurzelkanalfüllung als "dicht" bezeichnet werden, so bildet sie mit Sicherheit auch einen bakteriendichten Abschluß des Wurzelkanals zum periapikalen Gewebe. RATTEL (1931) konnte nämlich in seinen Untersuchungen nachweisen, daß ein Bakterium ca. 1 Million mal größer als ein Farbstoffmolekül ist !

V. VERSUCHSERGEBNISSE

Zur Untersuchung kamen folgende Materialien:

1.) Messingkegel groß und Aptal-Harz-Chloropercha

2.) Messingkegel mittel und Aptal-Harz-Chloropercha

3.) Messingkegel klein und Aptal-Harz-Chloropercha

4.) Silberamalgam, zylindrische Kavität, mittlerer Stopfdruck

5.) Silberamalgam, konische Kavität, hoher Stopfdruck

Dabei wurden für jede Versuchsreihe die Meßwerte zum Zwecke des Vergleichs als Mittelwertskurve graphisch dargestellt.

Jede Versuchsreihe umfaßte 15 Zähne.

Versuchsdauer je Testreihe: 14 Tage (336 Stunden).

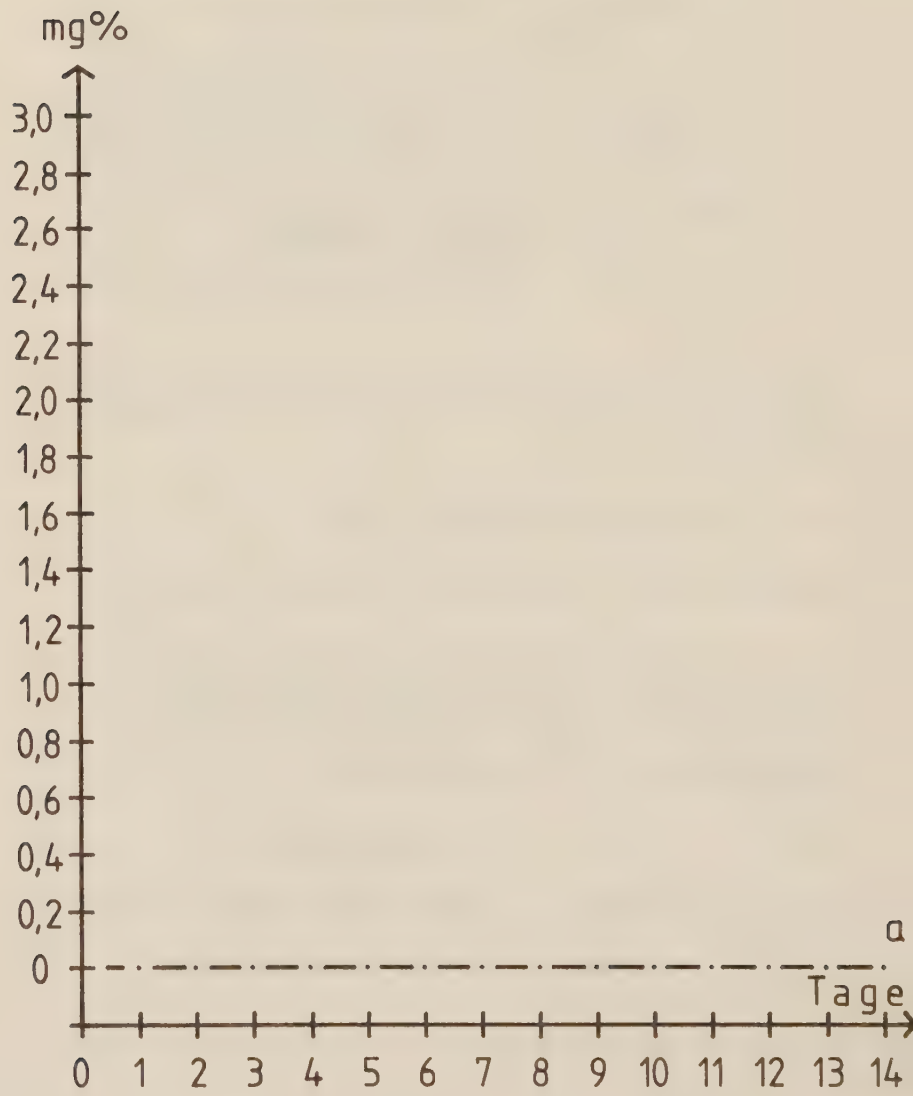
Für die Beurteilung der Wandständigkeit und damit der Dichtheit wurde die Klassifikation von VEIT (1974) bei 144 Stunden Versuchsdauer zu besseren Vergleichsmöglichkeiten übernommen:

0,0 - 0,2 mg% : hohe Wandständigkeit

0,2 - 0,5 mg% : mittelgradige Wandständigkeit

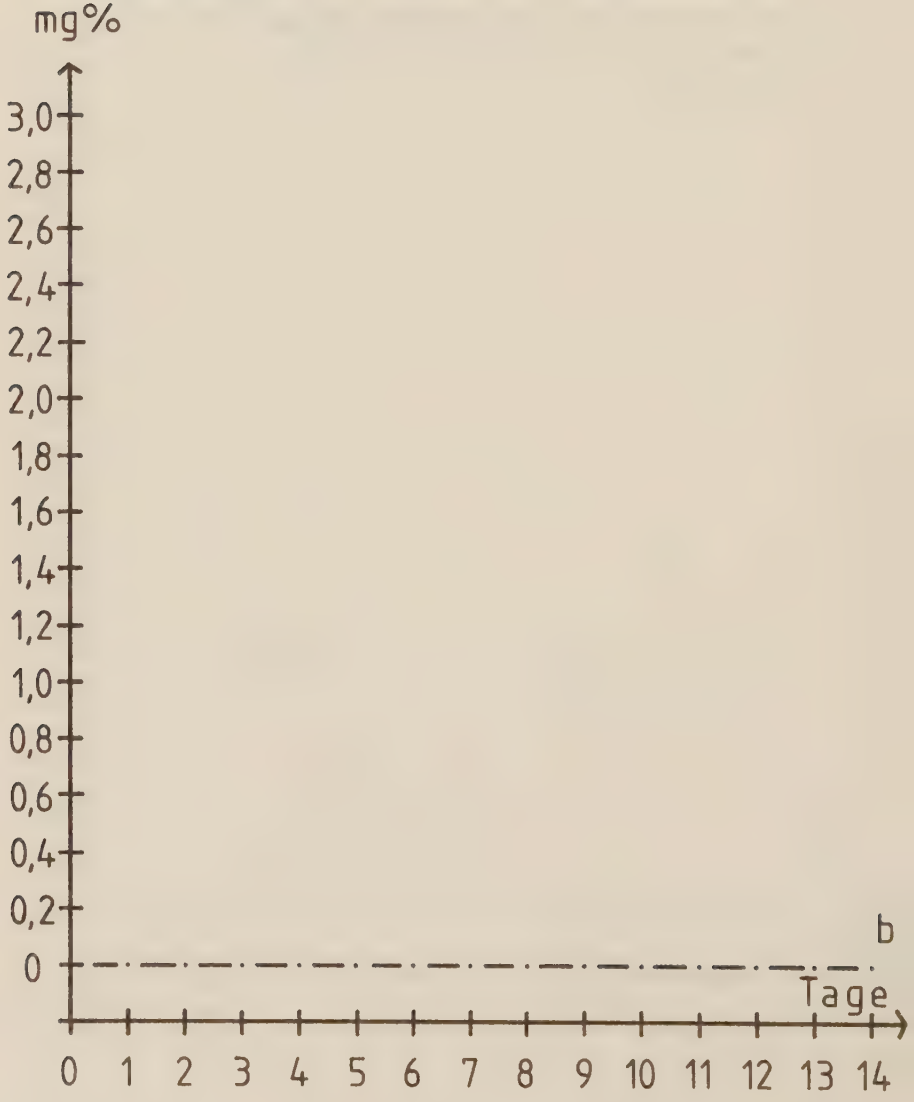
0,5 - ∞ mg% : geringe Wandständigkeit

Mittelwertskurve Messingkegel "groß"



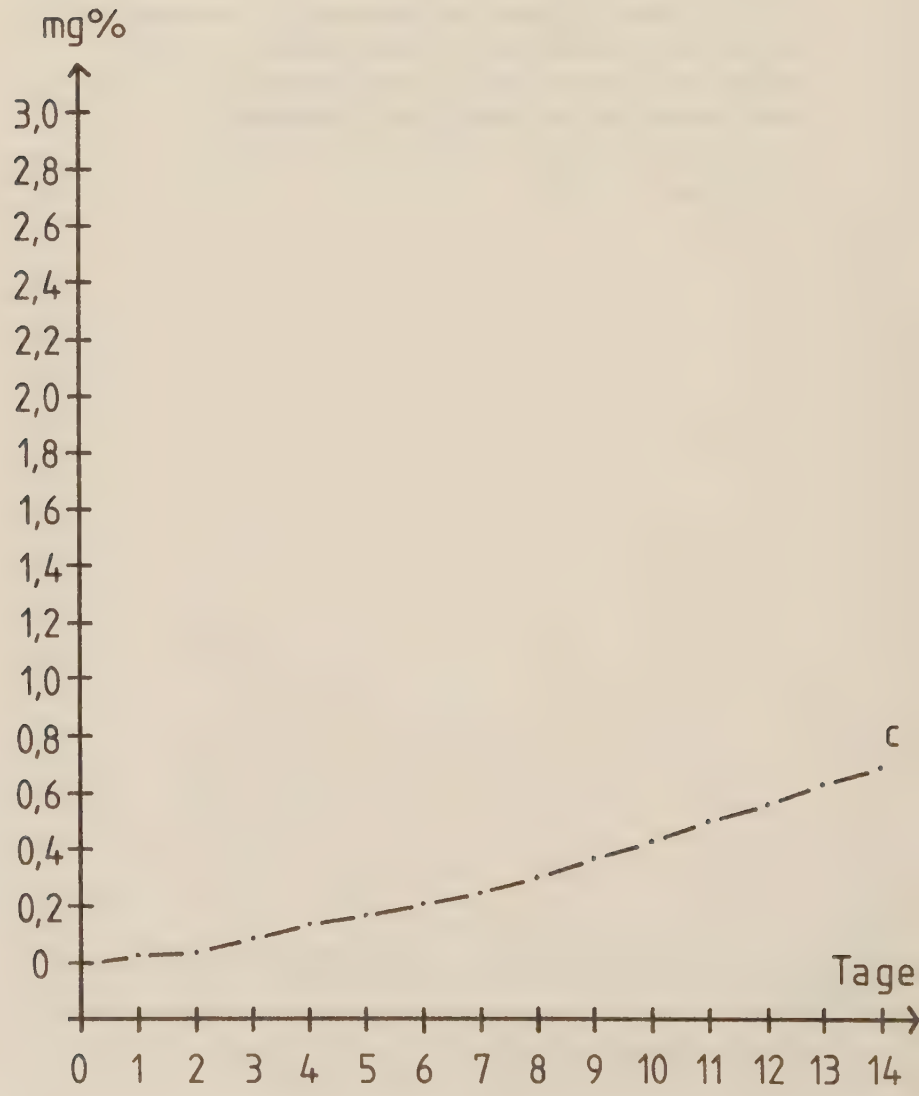
Die retrograden Wurzelkanalfüllungen mit den großen Messingkegeln, eingesetzt mit Aptal-Harz-Chloropercha, können als absolut dicht bezeichnet werden, wie die Mittelwertskurve zeigt. Während der gesamten Versuchsdauer war bei allen 15 Zähnen in keiner Vorlage mit dem Photometer Farblösung nachzuweisen.

Mittelwertskurve Messingkegel "mittel"



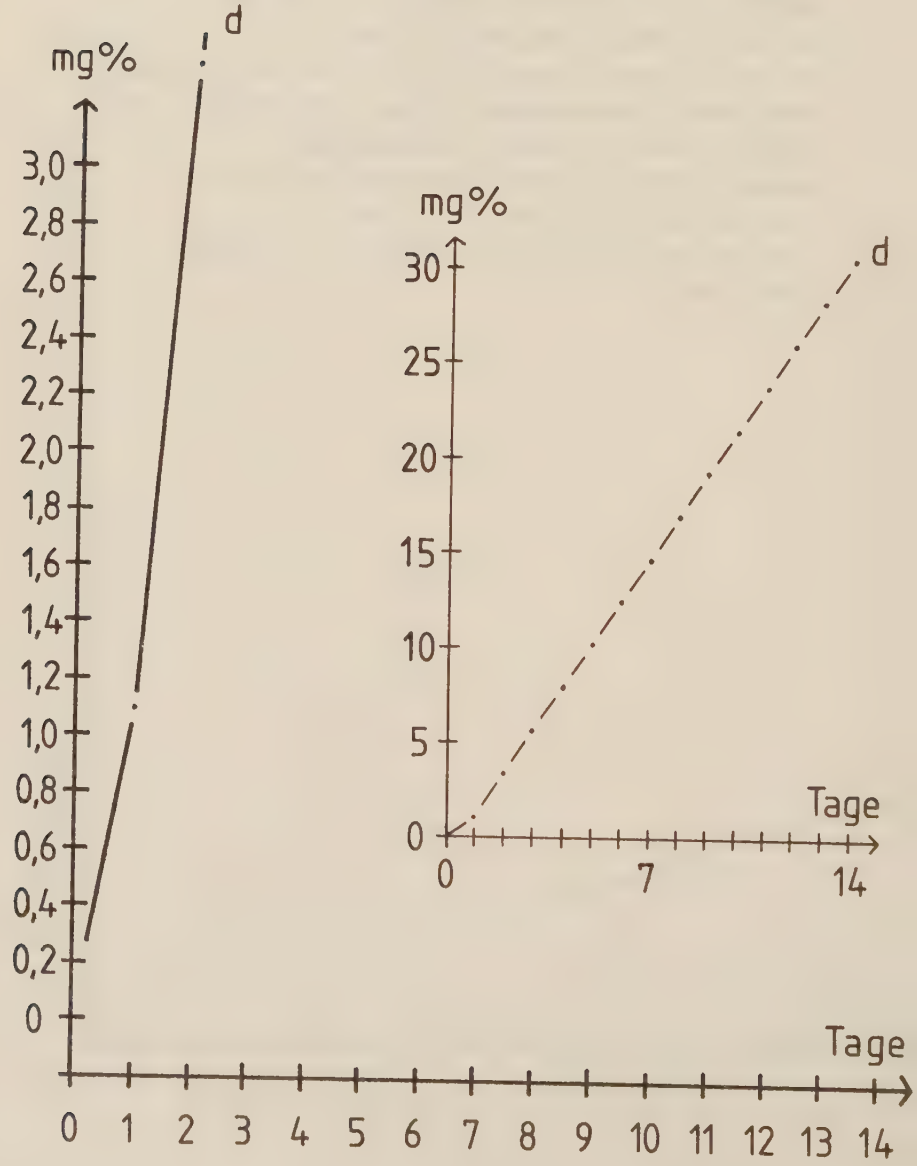
Die mit den mittleren Messingkegeln und Aptal-Harz-Chloropercha gefüllten Zähne können als sehr wandständig bezeichnet werden, wie die Mittelwertskurve zeigt.
14 Zähne waren während der gesamten Versuchsdauer absolut undurchlässig, bei einem Zahn war nach 264 Stunden eine minimale Durchlässigkeit zu verzeichnen. Durchschnittliche Farbstoffkonzentrationen der Vorlage nach 336 Stunden: 0,0106 mg%.

Mittelwertskurve Messingkegel "klein"



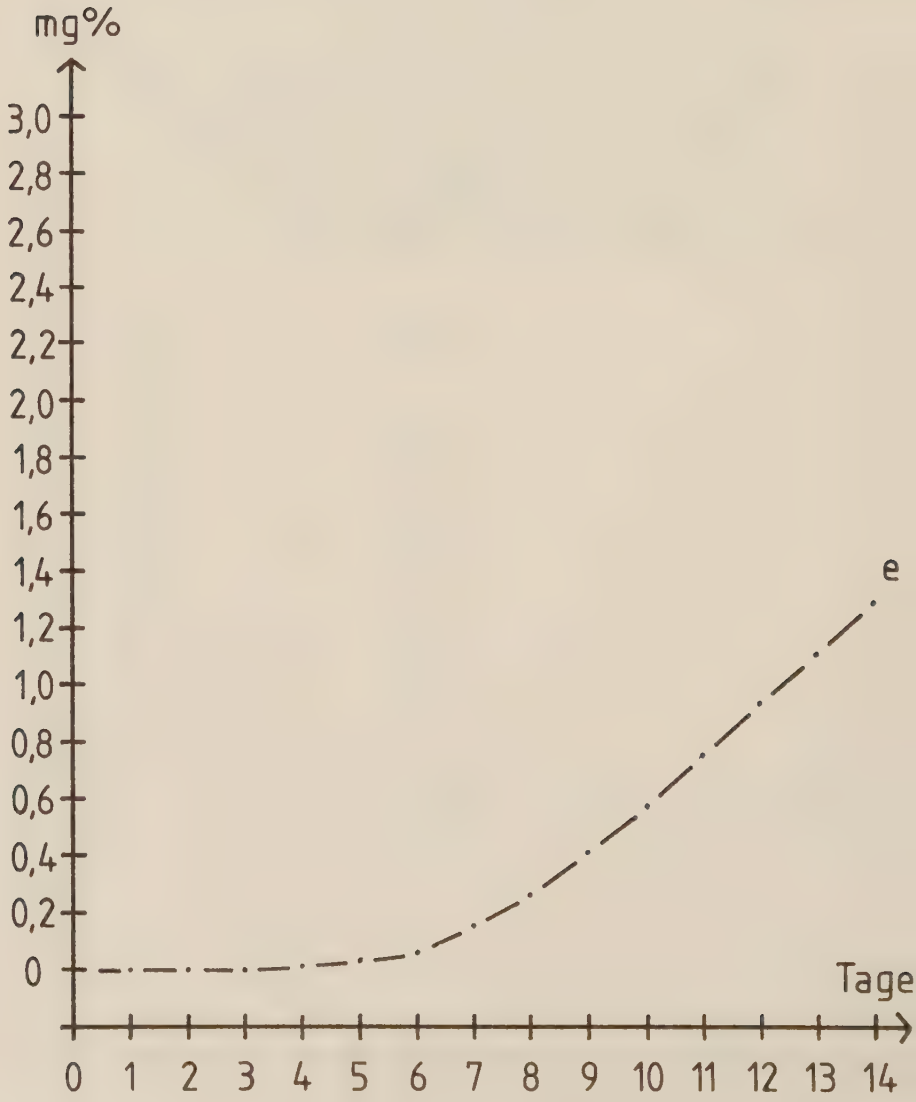
Die mit den kleinen Messingkegeln und Aptal-Harz-Chloropercha gefüllten Zähne können gemäß der aufgestellten Klassifikation noch als sehr wandständig bezeichnet werden, wie aus der Mittelwertskurve ersichtlich ist.
Von den 15 Zähnen waren 13 Zähne bis zum Versuchsende absolut undurchlässig, bei 2 Zähnen war jedoch eine Farbstoffdiffusion festzustellen.
Durchschnittliche Farbstoffkonzentration der Vorlage nach 24 Stunden 0,017 mg%,
nach 144 Stunden 0,1976 mg%, nach 336 Stunden 0,6823 mg%.

Mittelwertskurve Silberamalgam
(zylindrische Kavität, mittlerer Stopfdruck).



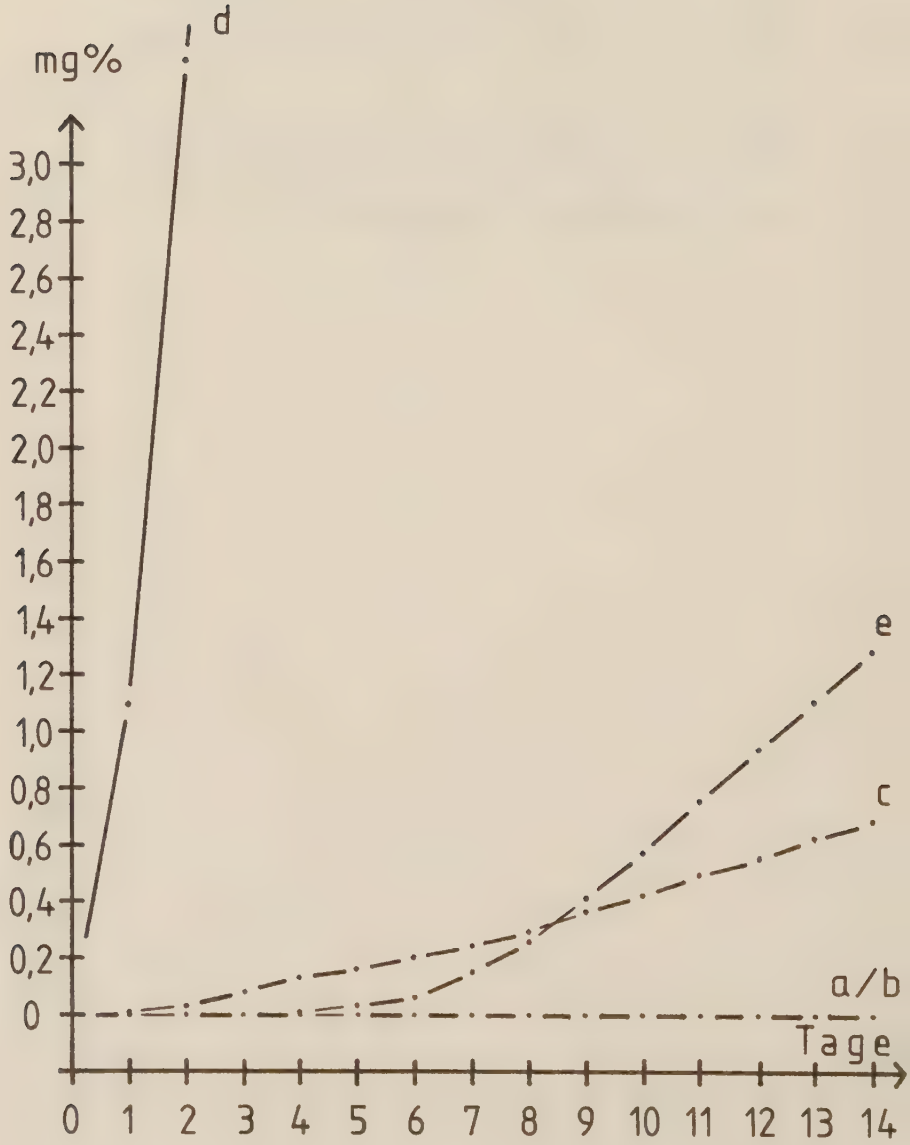
Vorstehende Abbildung zeigt die Mittelwertskurve der Werte von retrograden Amalgamfüllungen. Dabei mußte der Maßstab der Darstellung geändert werden, da eine deutlich verstärkte Durchlässigkeit der Füllungen festzustellen war.
Die durchschnittliche Farbstoffkonzentration der Vorlage betrug nach 24 Stunden 1,0917 mg%, nach 144 Stunden 12,4233 mg% und nach 336 Stunden 30,5336 mg%. Gemäß der gegebenen Klassifikation ist die Füllungsmethode in die Gruppe mit geringer Wandständigkeit einzuordnen.

Mittelwertskurve Silberamalgam
(konische Kavität, hoher Stopfdruck).



Wie die Abbildung der Mittelwertskurve zeigt, ist die Durchlässigkeit der Füllung eindeutig reduziert. Die durchschnittliche Farbstoffkonzentration der Vorlage betrug nach 24 Stunden 0 mg%, nach 144 Stunden 0,0635 mg% und nach 336 Stunden 1,2823 mg%.
Gemäß der festgelegten Klassifikation wäre damit diese Füllungsmethode in die Gruppe derer mit hoher Wandständigkeit einzugliedern.

Gesamtdarstellung



Zusammenfassung der Ergebnisse

Beim Vergleich der Mittelwertskurven zur Beurteilung der Durchlässigkeit der getesteten Wurzelfüllungen für Methylenblaulösung ergibt sich folgendes Ergebnis nach einer Versuchsdauer von 336 Stunden:

1. Messingkegel	groß und Aptal-Harz-Chloropercha	0,0 mg%
2. Messingkegel	mittel und Aptal-Harz-Chloropercha	0,0106 mg%
3. Messingkegel	klein und Aptal-Harz-Chloropercha	0,6823 mg%
4. Silberamalgam,	zylindrische Kavität, mittlerer Stopfdruck	30,5412 mg%
5. Silberamalgam,	konische Kavität, hoher Stopfdruck	1,2823 mg%

Wollte man diese Ergebnisse in die Klassifikation nach VEIT zur Beurteilung der Randspaltdichte einordnen, so würden die Methoden 1, 2, 3 und 5 der Gruppe mit hoher Wandständigkeit, die Methode 4 jedoch der Gruppe mit geringer Wandständigkeit angehören. Dies gilt nach 144 Stunden Versuchszeit. Schon hier zeigt sich ein deutlich schlechteres Ergebnis der Versuchsreihe Nr. 4, das sich bis Versuchsende weiter stark verschlechtert gegenüber den anderen Versuchsreihen.

VI. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Bei den untersuchten retrograden Methoden der Wurzelkanalfüllung nach Amputation der Wurzelspitze waren deutliche Unterschiede in Bezug auf ihre Wandständigkeit und damit ihrer Dichtheit festzustellen. Bei der vorliegenden Versuchsanordnung waren jeweils 15 Zähne mit dem zu untersuchenden Material retrograd gefüllt und über 336 Stunden (14 Tage) auf ihre Durchlässigkeit untersucht worden. Nach einer willkürlichen Einteilung in verschiedene Randspaltdichten (es wurde die Klassifikation von VEIT (1974) übernommen),war eine Unterscheidung von "dichten", "schwach durchlässigen" und "stark durchlässigen" Füllungen möglich.

Die Gruppe der Messingkegel brachte insgesamt gute bis sehr gute Ergebnisse hervor. Alle drei Kegelgrößen waren nach der festgelegten Klassifikation als "dichte Füllungen bei hoher Wandständigkeit" einzuordnen. Es zeigte sich jedoch, daß bei sinkender Kegelgröße eine geringfügig steigende Durchlässigkeit eintritt. Während die großen Kegel bei der geschilderten Versuchsanordnung absolut undurchlässig waren, fand bei den mittleren Kegeln eine minimale und bei den kleinen Kegeln eine etwas größere Diffussion statt. Doch auch diese Werte lagen noch innerhalb der Gruppe der "dichten Füllungen".

Diese guten Resultate sind auf die Kongruenz zwischen Normbohrer und entsprechender Kegelgröße zurückzuführen. Dadurch wird eine hohe Paßgenauigkeit erreicht, sodaß im Idealfalle nur noch ein kapillarer Spalt zwischen Kanalwand und Kegel vorhanden ist. Dieser kapillare Spalt wird nun mit Aptal-Harz-Chloropercha ausgefüllt, was zu einem dichten Randschluß führt. Dieses Füllmaterial besitzt die Eigenschaft, daß es stark klebt und auch eine Adhäsion an geringgradig feuchten Wurzelkanalwänden stattfindet. Bei Verarbeitung von Aptal-Harz-Chloropercha in dickeren Schichten würde es jedoch bei der Aushärtung zu einer Kontraktion kommen, die zur Spaltbildung führen wurde.
Bei der Anwendung mit Normkegeln bildet sich nur eine dünne Schicht zwischen Kanalwand und Kegel aus, wobei die Adhäsion die Retraktion überwiegt. Dadurch ist eine vollständige Wandständigkeit und damit eine vollkommene Randspaltdichte gegeben.

Die Befunde der retrograden Silberamalgamfüllungen weichen teilweise erheblich von den Ergebnissen der mit Apikal-Inlays gefüllten Zähne ab. Insbesondere die Versuchsreihe mit zylindrischer Kavität und mittlerem Stopfdruck ist als "stark durchlässig" einzustufen. Dabei war beim Legen der Füllung versucht worden, durch nur mittelstarken Stopfdruck einen hohen Quecksilbergehalt der Füllung zu erzielen, was zu einer vermehrten Expansion bei der Aushärtung und damit zu einem verbesserten Randschluß führen sollte (FENCHEL (1931), WEIKART (1950)).

Doch auch dadurch war nur ein ungenügender Randschluß zu erreichen.
Bei der anderen Silberamalgam-Versuchsreihe war mittels eines Kegelbohrers eine konische Kavität mit Basis koronalwärts geschaffen worden. Durch hohen Stopfdruck beim Legen der Füllung wurde eine primär wandständige Füllung angestrebt. Dies wurde auch in sehr hohem Maße erreicht, wie die Ergebnisse zeigen. Bis zu einer Versuchsdauer von 192 Stunden liegen die Werte zwischen denen der kleinen und mittleren Messingkegel. Erst danach ist eine höhere Durchlässigkeit zu verzeichnen, etwa doppelt so groß wie bei den kleinen Messingkegeln.
Vergleicht man die beiden Amalgam-Versuchsreihen miteinander, so zeigt sich, daß für die Randspaltdichte die Kavitätenform und die Stopftechnik von entscheidender Bedeutung sind. Nur bei einer konischen Kavität und hohem Stopfdruck lassen sich relativ dichte Füllungen erzielen.

Bessere Ergebnisse sind mit den Apikal-Inlays, eingesetzt mit Aptal-Harz-Chloropercha, zu erreichen. Diese Methode führt zu einer deutlichen Verbesserung der Randspaltdichte. Es kann hierbei von einem bakteriendichten Abschluß gesprochen werden.

Das Legen einer derartigen retrograden Wurzelkanalfüllung ist nicht schwieriger oder zeitintensiver als eine retrograde Amalgamfüllung.

Weiterhin besteht bei sparsamer Verwendung von Aptal-Harz-Chloropercha nicht die Gefahr wie bei Amalgam, daß Reste des Füllungsmaterials im Zystenlumen zurückbleiben.

Damit dürfte diese neue Methode der retrograden Füllung nach Wurzelspitzenamputation der bisher gebräuchlichen mit Amalgam eindeutig überlegen sein.
Die Anwendung in vivo bedarf eines biokompatibilen Materials wie Titan oder Keramik.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Die retrograde Füllung nach Wurzelspitzenamputation muß neben der guten Gewebsverträglichkeit eine gute Wandständigkeit aufweisen, weil die Wurzelkanalfüllung einen bakteriendichten Abschluß des Wurzelkanals gegen das periapikale Gewebe bilden muß.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Wandständigkeit einer neuen Methode der retrograden Wurzelkanalfüllung (apikales Inlay in Normkavität) untersucht und mit der gebräuchlichen Technik der Silberamalgamfüllung verglichen.

Es kamen drei verschieden große Normkegel, eingesetzt mit Aptal-Harz-Chloropercha, zur Anwendung. Die Untersuchungen wurden an frisch extrahierten Zähnen durchgeführt, um Bedingungen entsprechend der klinischen Situation zu schaffen.

Mit der Durchströmungsmethode (0,1%ige Methylenblaulösung) wurden die wurzelgefüllten Zähne auf Randspalten untersucht. Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

1.) Sämtliche Größen von Normkegeln, eingesetzt mit Aptal-Harz-Chloropercha, zeigten eine sehr hohe Wandständigkeit.

2.) Retrograde Silberamalgamfüllungen zeigten in Abhängigkeit von Kavitätenform und Stopfdruck eine schlechtere Wandständigkeit.
Bei konischer Kavität und hohem Stopfdruck wurden mit Silberamalgam bessere Ergebnisse erzielt als bei zylindrischer Kavität mit mittelgroßem Stopfdruck.

Wenn für die retrograden Norm-Inlays ein biokompatibiles Material verwendet wird, sind optimale Voraussetzungen für den klinischen Erfolg geschaffen.

Tabelle I

Meßergebnisse von 15 mit "großen" Messingkegeln retrograd wurzelgefüllten Zähnen

	Extinktion nach Stunden:													
Zahn	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle II

Meßergebnisse von 15 mit "mittleren" Messingkegeln retrograd wurzelgefüllten Zähnen

	Extinktion nach Stunden:													
Zahn	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0175	0,275	0,045	0,0675
11	0,0	0,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0012	0,0018	0,003	0,0045

Tabelle III

Meßergebnisse von 15 mit "kleinen" Messingkegeln retrograd wurzelgefüllten Zähnen

	Extinktion nach Stunden:													
Zahn	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,115	0,185	0,515	0,82	1,0	unendlich								
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,005	0,05	0,08	0,165	0,29	0,555	0,79	unendlich			
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M	0,0076	0,0123	0,0343	0,055	0,07	0,084	0,1016	0,122	0,1516	0,1793	0,207	0,2346	0,2623	0,29

Tabelle IV

Meßergebnisse von 15 retrograd wurzelgefüllten Zähnen mit Amalgam (Amalcap non-Gamma-2, Vivadent)
(mittlerer Stopfdruck, zylindrische Kavität).

	Extinktion nach Stunden:													
Zahn	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
1	0,1	0,86	unendlich											
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	unendlich (1,76)												
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	unendlich (1,8)													
7	0,01	0,02	0,03	0,035	0,04	0,04	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,14	unendlich (6,0)												
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	unendlich (3,28)													
12	0,635	0,66	0,665	0,675	0,68	0,685	0,7	0,71	0,715	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78
13	0,035	0,07	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,96	unendlich												
M	0,464	1,43	2,394	3,356	4,319	5,280	6,243	7,205	8,167	9,128	10,09	11,05	12,01	12,98

Tabelle V

Meßergebnis von 15 mit Amalgam (Amalcap non-Gamma-2, Vivadent) retrograd wurzelgefüllten Zähnen (hoher Stopfdruck, konische Kavität).

	Extinktion nach Stunden:													
Zahn	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,005	0,01	0,035	0,08	0,21	0,385	0,61	0,85	unendlich			
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,005	0,02	0,055	0,09	0,21	0,385	0,62	0,965	unendlich				
13	0,0	0,0	0,01	0,02	0,045	0,1	0,21	0,42	0,675	0,95	unendlich			
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,155	0,23	0,355	0,54	0,81	unendlich		
M	0,0	0,0	0,002	0,006	0,011	0,027	0,064	0,110	0,174	0,243	0,319	0,394	0,469	0,545

LITERATURVERZEICHNIS

Adloff, P.	Der Verschluß des Wurzelkanals nach Resektion der Wurzelspitze. Dtsch. zahnärztl. Wschr. 39, 1153 (1935)
Axhausen, G.	Leitfaden der zahnärztlichen Chirurgie. C.Hanser Verlag, München, 1950.
Böckmann, G., Rottke, R., Strothmann, W.	Untersuchung über die Wandständigkeit von erhärtenden Wurzelkanalfüllmitteln nach der Blasendruckmethode. Dtsch.zahnärztl. Z. 9, 881-884 (1955)
Brosch, F.,	Über die chirurgische Behandlung der apikalen Parodontitis. Zahnärztl. Rdsch. 50, 1150 (1941)
Brosch, F.,	Über histologische Befunde in der Umgebung von Amalgamwurzelfüllungen und Betrachtungen über die Plantationsfähigkeit von Wurzelfüllmitteln. Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 936 (1955), 996
Callahan, I. R.	In Chloroform gelöstes Kolophonium zur Füllung von Pulpenkanälen. Ref. Dtsch. zahnärztl Zeitschrift 18, 14 (1913).
Coolidge: Zit. nach Rebel	Konservierende Zahnheilkunde. C. Hanser Verlag München 1950, S. 413.

Daszkiewicz, J., Koziolkiewicz, W., Poplawski, W., Skarzynski, Z.J.
Experimentelle Untersuchungen über die Abschlußdichtigkeit verschiedener Wurzelfüllmaterialien. Dtsch. Zahn-, Mund-, Kieferhk. 39, 207-213 (1963)

Egger, W., Fischer, C.-H.
Tierexperimentelle und klinische Untersuchungen über die Gewebsreaktion der Amalgame in unmittelbarem Kontakt mit dem Knochenmark. Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 498, 626 (1956)

Effinger, A.
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 1289 (1954)

Ehrich, G.
Experimentelle Untersuchungen über das Spaltraumvolumen bei Füllungen. Med. Diss. Kiel (1954)

Euler, H.
Experimentelle Studien über den Heilungsverlauf nach Wurzelspitzenresektionen und über den Einfluß verschiedener Wurzelfüllmaterialien auf den Heilverlauf. Dtsch. Maschr. Zahnhk. 41, 321-333 (1923)

Faber, F.
Die Abdichtung des Wurzelkanals bei Wurzelspitzenresektion. Österr. Z. Stomatol. 7, 329 (1956)

Faulhaber, Neumann
Die chirurgische Behandlung der Wurzelhauterkrankungen. Meusser, Berlin (1912)

Fenchel
Amalgame, Untersuchungs-,

Verarbeitungs-, Herstellungsmethoden.
Zahnärztl. Rdsch. 40, 101, (1931)

Fischer, C.-H. — Kritik zur Aufbereitung und Abfüllung des Wurzelkanals.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 29, 32 (1958)

Grossmann, L. — Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde v. Walkhoff-Hesse.
J.A. Barth, Leipzig (1960)

Grossmann, L. — Lehrbuch der modernen Wurzelbehandlung I.
Medica Verlag, Stuttgart-Wien-Zürich 369-419 (1968)

Hauenstein, K. — Betrachtungen zur Frage der Wurzelbehandlung und Füllung bei Resektion.
Dtsch.zahnärztl.Wschr. 40, 95 (1937)

Hauenstein, K. — Wurzelspitzenresektion Indikation / Operationstechnik und Ergebnisse
Zahnärztliche Fortbildung Heft 2
Joh. Ambrosius Barth, Leipzig (1951)

Häupl, K. — Lehrbuch der Zahnheilkunde.
Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien 1949, Band I, S. 279 f.

Heinemann, O. — Die Wurzelfüllung.
Hermann Meusser Verlag, Berlin 1926, S. 30/31, 76, 77

Heiss, J. — Wurzelspitzenresektion, periapikale Ostitis und dentogene Herdinfektion.
Dtsch.zahnärztl.Wschr. 44, 709 (1941)
Dtsch.zahnärztl.Wschr. 44, 44 (1941)

Hess, W. — Handwörterbuch der ges. Zahnheilkunde von Kantorowicz Bd. II. Johann Ambrosius Barth, Leipzig (1931)

Hofer, O. — Erfolge und Mißerfolge bei der Wurzelspitzenresektion. Österr. Z. Stomatol. 31, 1271 (1933)

Kellner, G. und Keresztesi, K. — Die Wirkung metallischer Wurzelfüllmaterialien auf Zellkulturen. Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 978 (1965).

Keresztesi, K. — Die retrograde Wurzelfüllung Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 957 (1965).

Knappwost, A. — Kapillare Spaltbildung unserer plastischen Füllmaterialien als Ursache der hohen Sekundärkariesfrequenz. Dtsch.zahnärztl.Z. 6,602-609 (1951)

Kranz, P.P. — Chirurgie des praktischen Zahnarztes. Johann-Ambrosius Barth, Leipzig (1957)

Kröncke A. — Problematik der erhärtenden Wurzelfüllmaterialien. Zahnärztl. Rdsch. 62, 417-423 (1953)

Meyforth, J. — Experimentelle Untersuchungen zur Methodik der orthograden Wurzelkanalversorgung bei der chirurgischen Wurzelkanalbehandlung Med. Diss. Erlangen (1963)

Nygaard-Østby, B. — Indikation und Technik der Wurzelspitzenresektion. Norske Tanneegefor. Tid. 58, 2 (1942)

Östby, B.N. — Über die Gewebsveränderungen im apicalen Parodontium des Menschen nach verschiedenen Eingriffen in den Wurzelkanälen. Oslo, 1939 (Ref. HESS: Schweiz) Monatsschr. f. Zahnheilk. 50, 374 (1940)

Platz, H., Fries, R., Beck-Mannagetta, J. — Ergebnisse von Wurzelspitzenresektionen mit retrograder Phosphatzementfüllung anhand klinischer und röntgenologischer Nachuntersuchungen. Quintessenz 10, 34 (1978)

Rattel, W. — Experimentelle Untersuchungen zur Frage des Abschlusses wurzelbehandelter Zähne mit Phosphatzement. Dtsch.zahnärztl.Wschr. 34, 1232 (1931)

Rheinwald, U., Mayer, D. — Das Problem der retrograden Wurzelfüllung und Lösungsvorschläge. Dtsch.zahnärztl. Z. 17, 308 (1962)

Rost, A. — Vergleichende experimentelle Untersuchungen über die Durchlässigkeit verschiedener Wurzelfüllmaterialien. Dtsch.Stomatol. 8, 294-301 (1958)

Rost, A. — Retrograde Wurzelfüllung mit 24-karätigem Gold. Dtsch. Zahnärztebl. 16, 575 (1962)

Rost, A. — Die retrograde Wurzelfüllung mit Stopfgold. Dtsch.zahnärztl. Z. 3, 285 (1965)

Rottke, R. Strothmann, W. — (a) Ein weiterer Beitrag über die Wandständigkeit von erhärtenden Wurzelkanalfüllmaterialien. Dtsch. Zahnärztebl. 9, 692-696 (1955)

Rottke, R.
Strothmann, W.
(b) Untersuchungen über die Wandständigkeit von erhärtenden Wurzelkanalfüllmaterialien mit einer modifizierten Durchströmungsmethode.
Dtsch. Zahnärztebl. 9, 780-784 (1955)

Rottke, R.
Strothmann, W.
Untersuchungen über die Wandständigkeit von erhärtenden WK-Materialien.
Zahnärztl. Rdsch. 64, 189-190 (1955)

Schröder, A.
Mitteilungen über die Abschlußdichtigkeit von Wurzelfüllmaterialien und erster Hinweis auf ein neuartiges Wurzelfüllmittel.
Schweiz.Mschr.Zhkde. 64, 921-931 (1954)

Schubert, L.
Die Wurzelbehandlung mit N2 experimentell und klinisch gesehen
Zahnärztl. Welt / Reform 59, 625-628 (1958)

Schupfer, G.
Schönwolf, H.
Über ein neues Verfahren zur Abdichtung der Wurzelkanäle für Wurzelspitzenresektionen in besonderen Fällen.
Dtsch.zahnärztl. Wschr. 38, 741 (1935)

Sitzmann, F.
Untersuchungen über die Wandständigkeit retrograder Wurzelfüllungen.
Med. Diss. Erlangen (1965)

Spreter v. Kreudenstein, Th. Kayser, H.W.
Experimentelle klinische Untersuchungen mit p 32 über die Flüssigkeitspassage in gefüllten Wurzelkanälen.
Dtsch.zahnärztl. Z. 9, 1377-1385 (1954)

Trauner, R.
Die Wurzelkanalfüllung.
Zahn-, Mund- und Kieferheilk. in Vortr. 8, 138-142 (1951)

Trauner, R., Möse, J., Waechter, R.
Zum Problem der Behandlung periapikaler Entzündungsherde über pulpainfizierten Zähnen.
Österr. Z. Stomatol. 48, 573-579 (1951)

Tschamer, H.
Prüfung einiger Wurzelfüllmaterialien auf ihre Eigenschaften insbes. der Abschlußdichte.
Stoma 13, 172 (1960)
daraus zitiert: Held, H., Lieban, Miller, W.D.

Veit, P.
Untersuchungen über die Wandständigkeit verschiedener Wurzelfüllmaterialien.
Med. Diss. Tübingen (1974)

Waechter, R.
Untersuchungen über das Wurzelfüllmaterial Diaket.
Zahnärztl. Welt 8, 281-284 (1953)

Wandelt, S.
Die Behandlung des gangränösen Wurzelkanals in einer Sitzung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 953 (1962)

Wannenmacher, E. Versuche über die Desinfektion und dichte Ausfüllung der Wurzelkanäle. Österr. Z. Stomatol. 51, 393-399 (1954)

Wannenmacher, E. Klinische Zahnheilkunde Bd. 2 Johann Ambrosius Barth, Leipzig (1963)

Wendendal, P. Neue Methode des retrograden Wurzelkanalverschlusses bei Apektomie. Odontol. T. 62, 509 (1954)

Weikart, P. Leitfaden der zahnärztlichen Werkstoffkunde. Carl-Hanser Verlag, München (1950)

Am Ende meiner Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. Dr. Schüle recht herzlich für die freundliche Überlassung dieses interessanten Themas danken.

Ebenso danke ich Herrn Professor Dr. Kruse-Jarres, daß ich die Messungen in seinem Laboratorium durchführen durfte.

Lebenslauf

Am 7. Dezember 1954 wurde ich, Günther Mertz, als Sohn des Zahnarztes Dr. med. dent. Paul Mertz und seiner Ehefrau Anna Mertz, geborene Rosenkranz, in Stuttgart geboren.

In den Jahren 1960 bis 1964 besuchte ich die Grundschule, anschließend war ich Schüler des humanistischen Karls-Gymnasiums in Stuttgart, wo ich 1973 die Reifeprüfung mit Erfolg ablegte.

Im Wintersemester 1974/1975 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen.
Dort habe ich am 17. September 1975 die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnärzte mit der Gesamtnote "gut" und am 13. Oktober 1977 die zahnärztliche Vorprüfung mit dem Ergebnis "sehr gut" bestanden.

Am 18. Juni 1980 habe ich dann nach Studium der klinischen Fachbereiche vor dem Prüfungsausschuß in Tübingen die zahnärztliche Prüfung mit dem Gesamtergebnis "gut" bestanden und meine Bestallung als Zahnarzt erhalten.

Vom 1. August 1980 bis 31. März 1982 war ich als Assistent an der Klinik für Kiefer- und Gesichtschirurgie des Katharinenhospitals in Stuttgart tätig.
Anschließend leistete ich meinen Grundwehrdienst ab.

Seit 1. Februar 1983 bin ich in der Praxis meines Vaters als Assistent tätig.